

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-033885

(43)Date of publication of application : 04.02.2003

(51)Int.Cl.

B23K 20/12

(21)Application number : 2001-215230

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

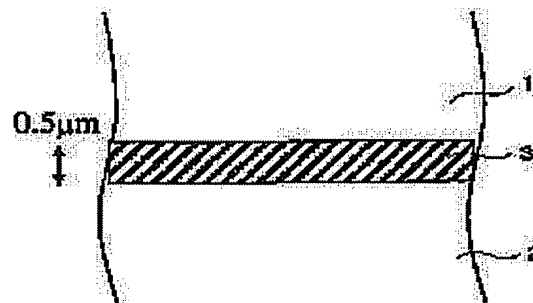
(22)Date of filing : 16.07.2001

(72)Inventor : FUJITA MASA  
NARITA MASAYUKI  
IKEUCHI KENJI  
TAKAHASHI MAKOTO

## (54) JOINTED STRUCTURE OF STEEL AND ALUMINUM ALLOY

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-strength jointed structure for manufacturing a joint made of steel and aluminum alloy.

SOLUTION: The jointed structure is made by jointing a first member of steel with a second member of aluminum alloy, where the thickness of a reaction product layer generated on an interface between the first member and the second member shall be 0.5  $\mu\text{m}$  or less.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-33885

(P 2 0 0 3 - 3 3 8 8 5 A)

(43) 公開日 平成15年2月4日 (2003.2.4)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

B23K 20/12

識別記号

F I

B23K 20/12

テーマコード (参考)

D 4E067

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-215230 (P 2001-215230)

(22) 出願日 平成13年7月16日 (2001.7.16)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 藤田 雅

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 成田 正幸

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(74) 代理人 100096884

弁理士 末成 幹生

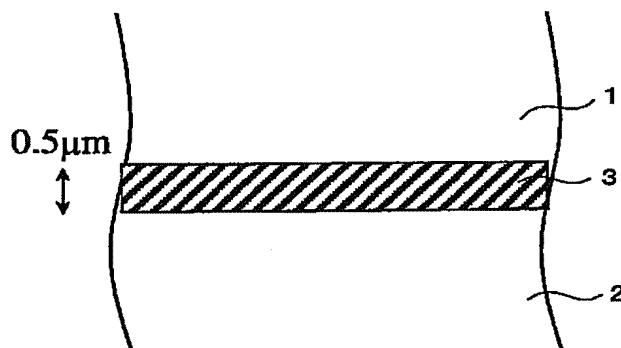
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋼材とアルミニウム合金との接合構造体

(57) 【要約】

【課題】 鋼材とアルミニウム合金とからなる継手を製作するに際し、高強度な接合構造体を提供する。

【解決手段】 鋼からなる第1部材とアルミニウム合金からなる第2部材とを接合させた接合構造体において、第1部材と第2部材との接合界面に生成する反応生成物層の厚さを0.5  $\mu$ m以下とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 鋼からなる第 1 部材とアルミニウム合金からなる第 2 部材とを接合させた接合構造体において、第 1 部材と第 2 部材との接合界面に生成する反応生成物層の厚さを  $0.5 \mu\text{m}$  以下としたことを特徴とする鋼材とアルミニウム合金との接合構造体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、鋼材とアルミニウム合金との直接的な接合構造体に関するものである。 10

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、鋼材とアルミニウム合金は、金属冶金上非常にもろい金属間化合物を形成しやすい。通常の溶融接合を適用すると、液体状態で両材料が混合されるため脆弱な反応生成物（金属間化合物）が溶接金属部に大量に形成され、一般的に低強度の継手しか得られない。

【0003】 この反応生成物が、接合界面に多量に生成していると、接合界面に靱性の低い領域が連続的に存在することになり、負荷に対して生じた反応生成物層内のクラックはその中を優先的に伝播し、結果としてその継手は容易に破断に至ってしまう。 20

【0004】 接合継手の破壊形態は、低靱性な反応生成物層内で亀裂が発生、進展する確率と、延性の高い母材中で亀裂進展する確率のバランスで決定される。つまり、接合部の強度を上昇させるには、反応生成物層の形成を抑制し、靱性の低い反応生成物層の生成量を抑制することで、その反応生成物層内での破壊確率を下げればよい。反応生成物層内での破壊確率が接合母材中でのそれより低くなれば、破壊は接合界面ではなく接合母材中で生じるようになる。つまり、このような継手は、反応生成物層内で破壊しにくい高強度な継手となりうる。 30

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、この反応生成物の生成形態と接合強度の相関が明確になっておらず、高強度な継手強度は得られていないのが現状である。したがって、本発明は、このような状況のもとでなされたものであって、接合界面の反応生成物の生成形態に着目し、鋼材とアルミニウム合金とからなる継手を製作するに際し、高強度な接合構造体を提供することを目的とするものである。 40

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の鋼材とアルミニウム合金との接合構造体は、鋼からなる第 1 部材とアルミニウム合金からなる第 2 部材とを接合させた接合構造体において、第 1 部材と第 2 部材との接合界面に生成する反応生成物層（金属間化合物層）の厚さを  $0.5 \mu\text{m}$  以下としたことを特徴としている。

【0007】 ここで、反応生成物とは、接合界面において相互の接合部材原子の拡散反応によって生成するもの 50

であり、異種金属の組み合わせの場合、母材より脆い金属間化合物となるのが一般的である。また、その構成は多結晶である場合が多く、その生成形態は、接合手法および接合条件によって異なるが、拡散反応によって律速しているため、その反応温度および時間が長いほど生成量が多くなる。この反応生成物層が過大に生成されると、上述したように接合界面に靱性の低い領域が多量に存在することになり、負荷に対して破壊する確率が上昇し、結果としてその継手は容易に破断に至る。

【0008】 そこで、本発明における接合構造体は、図 1 に示すように、このような接合界面に脆い反応生成物層を形成するような鋼材 1 とアルミニウム合金 2 との接合構造体において、その接合界面に生成する靱性の低い反応生成物の生成を最小限に抑制し、この反応生成物層 3 の厚さを  $0.5 \mu\text{m}$  以下とすることにより、その層内に生じる亀裂の発生確率（破壊確率）を低減し、この破壊確率を接合母材であるアルミニウム合金内での破壊確率以下とすることができ、その結果、接合界面から破壊しない高強度な継手を得ることができる。

【0009】 このような接合界面を持った鋼材とアルミニウム合金との接合構造体は、例えば、固相接合手法の一種である摩擦圧接により作製することができる。摩擦工程では、接合部材の表面が機械的に清浄化され、その後のアップセット工程で接合界面に生成した反応生成物を外部に排出すると共に両接合部材の圧接を完了する。摩擦工程が不足すると接合面が十分清浄化せず、つまり接合面の汚れや残存酸化物が過度に残存した状態となり、その後のアップセット工程で良好な密着が得られない。これに対し、摩擦工程が過多であると、接合面は十分清浄化するものの、接合部材に与えられる入熱量が多く、アップセット工程において反応生成物が過大に成長してしまう。

## 【0010】

【実施例】 以下、実施例により本発明を具体的に説明する。

＜摩擦時間の検討＞ 本発明における接合界面を得るには、摩擦時に与える入力を最適に制御し、反応生成物層の成長を最小限に抑える必要がある。そこで、表 1 に示した化学成分の鋼材（材質 J I S S 1 0 C）およびアルミニウム合金（材質：J I S A 5 0 5 2）を、図 3 に示したような、外径  $16 \text{ mm}$ 、所定長さの鋼丸棒、および外径  $16 \text{ mm}$ 、所定長さのアルミニウム合金丸棒に調製して試験片とし、摩擦圧力  $20 \text{ MPa}$ 、回転数  $1200 \text{ rpm}$  の条件において、これらの試験片の摩擦工程における摩擦時間と接合界面近傍の温度との相関を観測した。その結果、図 2 に示すような温度分布が得られた。図 2 から明らかなように、摩擦時間が 3 秒程度で安定した接合面近傍温度が示された。すなわち、鋼材とアルミニウム合金との摩擦圧接においては、3 秒程度の摩擦時間で接合面の清浄化が十分なされることがわかつ

た。さらに、この状態から摩擦圧力、摩擦時間等を上げて摩擦入熱を増加させると、反応生成物層は入熱量に応じて成長し、継手強度が低下してしまうことがわかった。したがって、この短時間の摩擦工程の後に圧接工程を行うことにより、接合界面への入熱量が最小限に抑え

られ、反応生成物層の成長も最小に抑えられるため、高い強度を有する継手が得られることがわかった。

【0011】

【表1】

材料	C	Si	Mn	Cu	Mg	P	S	Ni	Cr	Zn	Fe	Al
S10C	0.11	0.16	0.33	0.01	—	0.014	0.015	0.04	0.08	—	残部	—
A5052	—	0.07	0.01	0.01	2.60	—	—	—	0.26	0.01	0.21	残部

【0012】＜試料1～5の調製＞次に、摩擦圧力をそれぞれ10、20、30、40、50MPaに設定し、回転数1200rpm、摩擦時間3秒、アップセット圧力250MPa、アップセット時間6秒の条件において、上記の鋼材丸棒とアルミニウム合金丸棒の試験片を摩擦圧接し、試料1～5の鋼材とアルミニウム合金との接合構造体を得た。なお、鋼材丸棒とアルミニウム合金丸棒との摩擦圧接は慣用方法であるブレーキ式により行った。

【0013】このようにして得られた鋼材とアルミニウム合金との接合構造体は、図4に示すように、接合部の断面において、強度の低いアルミニウム合金丸棒側が大きく変形し、バリとして外部に排出されていた。

【0014】＜継手強度評価＞上記の接合部のバリを切削するとともに、接合構造の外周を切削して平滑とし、図5に示すような外形14mmの試験片を調製した。さらに、接合界面の外周面に深さ1.4mmのノッチを入れ、応力集中率が2.0となるように設定した試験片も調製した。このノッチ入りの試験片は、接合界面に対してより厳しい評価を行うためのものである。これらの試験片に対して、それぞれを長手方向に引張ることにより継手強度の評価を行った。

【0015】この接合構造体の継手強度評価の結果は、アルミニウム部材の母材強度に対する割合(%)として図6に示した。摩擦圧力が10MPaである試料1では、接合面の清浄化が十分ではなく、接合部材同士が十分に密着していないため継手強度が低かった。これに対し、摩擦圧力が20～30MPaの試料2および3では、継手強度がアルミニウム部材の母材強度と同等であった。一方、摩擦圧力が30MPaを越えた試料では、接合界面で反応生成物層の成長が進行するため、その程度に応じて継手強度が低下していた。また、ノッチ入りの試験片を用いた評価においても、試料2はアルミニウム部材の母材強度と同等の継手強度を示した。

【0016】＜界面構造評価＞また、上記で得られた試料1～5の接合構造体を、図7に示すように、接合面に対して垂直方向に切断した後、最大粒径3μmのダイヤモンド砥粒を有する研磨ディスクを用いて、切断面を機械的に研磨した。次に、電子の透過性を得るために、酸性溶液中で予備的に電解研磨した後、真空中でAr原子によりスパッタリングを行った。このような処理を施し

た試料をTEM(透過型電子顕微鏡)により観察した。得られた像の内試料2および試料5について、図8

(a)および図9(a)に示した。なお、各電子顕微鏡写真の倍率は、それぞれ150000倍、20000倍であった。また、これらの像を模式化した図を図8(b)および図9(b)に示した。

【0017】図8に示した試料2においては、反応生成物層3は接合界面に生成した反応生成物からなり、詳細には、Fe/Alを主体とする金属間化合物の結晶からなっていた。その大きさは、幅100nm、厚さ50nm程度であり、接合界面に沿って点在していた。また、この接合界面においては、鋼材側に非常に薄い酸化物層が存在する場合もあった。このように、接合界面における反応生成物の厚さが非常に薄い場合には、その中で亀裂が進展する確率が小さいため、図6に示したようにアルミニウム合金部材と同等レベルの高強度な接合構造体を形成し得ることがわかった。

【0018】図9に示した試料5においては、符号4に示す領域は代表的な反応生成物であり、厚さ200nm程度の結晶粒が接合界面に垂直に成長していた。また、符号5に示すように非常に微細な結晶粒が点在した領域も確認できた。これらの反応生成物の結晶は、隙間なく接合界面において連続的に成長していた。これらの結晶粒を総合した反応生成物層3の厚さは、粒子の大きさや局所変動により0.8～1.5μmの間で変化していた。このような界面構造を持つ接合構造体では、破壊靱性値の低い金属間化合物層内で亀裂が生じる確率が大きく、一旦生じた亀裂は連続的に存在している金属間化合物層内を優先的に伝播して破壊に至るため、接合構造体の強度としては、図8で示した試料2の接合構造体より低くなる。

【0019】また、上記の試料1～5について、鋼材とアルミニウム合金との接合構造体における反応生成物層の厚さと接合強度との相関を調査し、図10に示した。図10から明らかなように、反応生成物層の厚さが薄くなるほど継手強度は上昇し、平滑材の場合では反応生成物層の厚さ0.5μm以下で、またノッチをつけた場合では、応力集中による界面層内での破壊確率上昇のため、反応生成物層の厚さ0.2μm以下でアルミニウム合金部材と同等の強度の継手が得られることがわかった。

【0020】したがって、鋼材とアルミニウム合金との接合構造においては、接合界面に生成する靱性の低い反応生成物層の厚さを $0.5\mu\text{m}$ 以下に、ノッチを入れた試験片においては $0.2\mu\text{m}$ 以下に抑制することによって、接合界面から破壊しない高強度な継手を得られることを示した。

【0021】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、鋼材とアルミニウム合金との接合構造体において、その接合界面に生成する靱性の低い反応生成物の成長を抑制し、この反応生成物層の厚さを $0.5\mu\text{m}$ 以下の非常に薄い状態とすることで、その層内に生じる亀裂の発生確率を低減し、高強度な鋼材とアルミニウム合金との接合構造体を形成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の鋼材とアルミニウム合金との接合構造体を模式的に示した断面図である。

【図2】 鋼材とアルミニウム合金との摩擦工程における摩擦時間と接合界面近傍の温度との相関を示した線図である。

【図3】 鋼材とアルミニウム合金との接合構造体を作

製する丸棒を示した断面図である。

【図4】 鋼材とアルミニウム合金との接合構造体の一実施形態を示す断面図である。

【図5】 鋼材とアルミニウム合金との接合構造体の接合強度を評価する試験片を示す断面図である。

【図6】 鋼材とアルミニウム合金との接合構造体の製造における摩擦圧力と継手効率との相関を示した線図である。

【図7】 鋼材とアルミニウム合金との接合構造体の界面構造を評価する試験片を示す断面図である。

【図8】 本発明の鋼材とアルミニウム合金との接合構造体の接合界面を示した電子顕微鏡写真(a)およびこれを模式的に示した図(b)である。

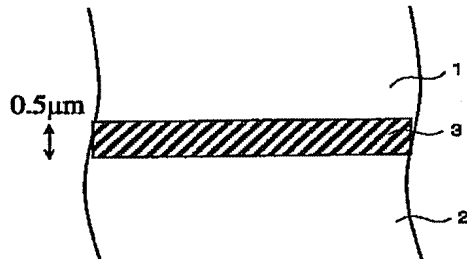
【図9】 従来の鋼材とアルミニウム合金との接合構造体の接合界面を示した電子顕微鏡写真(a)およびこれを模式的に示した図(b)である。

【図10】 鋼材とアルミニウム合金との接合構造体における反応生成物層の厚さと継手効率との相関を示した線図である。

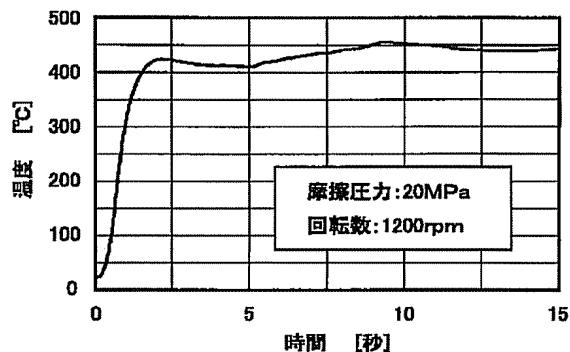
【符号の説明】

1…鋼材、2…アルミニウム合金、3…反応生成物層。

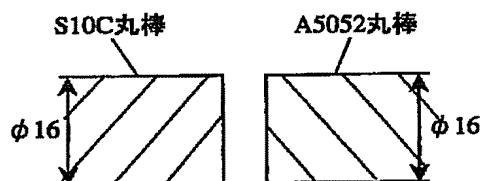
【図1】



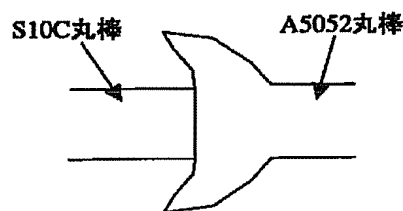
【図2】



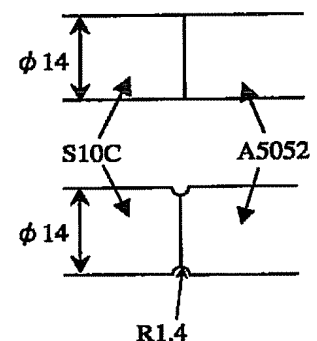
【図3】



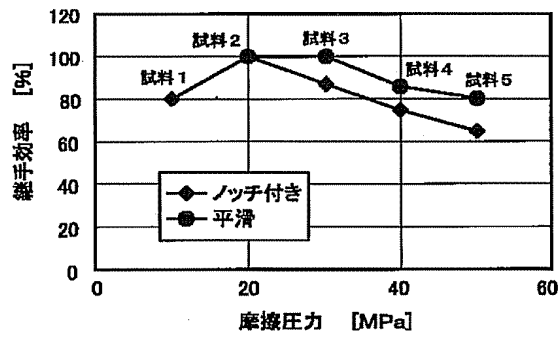
【図4】



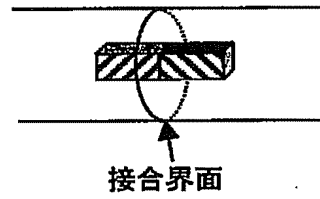
【図5】



【図 6】



【図 7】



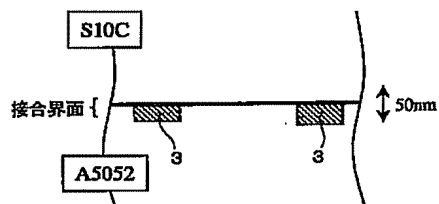
【図 8】

( a )

図面代用写真



( b )



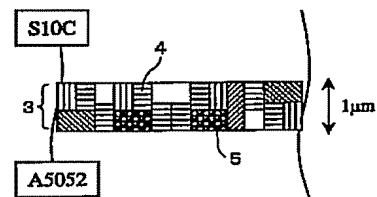
【図 9】

( a )

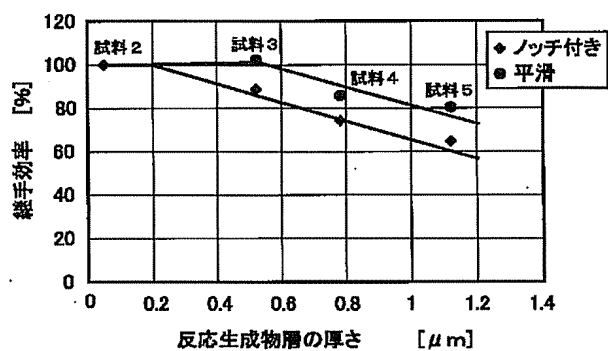
図面代用写真



( b )



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 池内 建二  
京都府京都市左京区嵯峨広沢南野町73-1

(72)発明者 高橋 誠  
大阪府豊中市待兼山町1-12  
Fターム(参考) 4E067 AA05 AA13 BG00 DC07